

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Кафедра компьютерных систем и программных технологий

Отчёт по лабораторной работе
Дисциплина: Телекоммуникационные технологии
Тема: Цифровая модуляция

Выполнил студент группы 33501/3

(подпись) П.М.Шувалов

Преподаватель

(подпись) Н.В.Богач

Санкт-Петербург
2017

1 Цифровая модуляция

1.1 Цель

Изучение методов модуляции цифровых сигналов.

1.2 Постановка задачи

Получить сигналы BPSK, PSK, OQPSK, genQAM, MSK модуляторов, построить их сигнальные созвездия и провести сравнение.

1.3 Теоретические положения

В настоящее время большое количество информации в электронных устройствах формируется в цифровом виде. При этом передаваемые величины закодированы числами из дискретного множества. Для передачи таких сигналов возможно использование методов цифровой модуляции (манипуляции). Суть ее в следующем: каждому значению сопоставляется набор значений параметров несущего колебания. Несущим колебанием, в принципе, может быть сигнал произвольной формы, но чаще используют гармонические колебания. Цифровые символы передаются с некоторым периодом T , в течение которого значение не меняется, а значит, не меняются и параметры несущего сигнала. По типу параметров, значения которых кодируют входные символы, выделяют амплитудную, частотную, фазовую и квадратурную манипуляцию.

При частотной манипуляции (FSK) в качестве параметра используется частота несущей. По количеству значений цифрового сигнала выбирается набор частот, каждая из которых сопоставляется одному значению. В общем случае при переходе от одного символа к другому происходит скачок фазы несущего колебания. Это приводит к появлению в спектре сигнала скачков на частотах, кратных символьной скорости. Для борьбы с ними можно использовать частотную манипуляцию с непрерывной фазовой функцией, при которой фазовая функция меняется линейно без скачков за счет интегрирования. Демодуляция производится корреляционным методом. Т.к. разным значениям отсчетов соответствует своя частота, можно рассчитать взаимную корреляцию полученного сигнала с эталонными значениями для каждой из частот и выбрать ту, с которой корреляция максимальна.

Для повышения помехоустойчивости частоты можно выбирать так, чтобы сигналы для различных отсчетов были некоррелированными. В этом случае риск неверно интерпретировать зашумленный сигнал уменьшается. Для реализации требования некоррелированности должны быть выполнены следующие условия:

$$\Delta\omega_{min} = \frac{\pi}{T}, \Delta f_{min} = \frac{1}{2T} = \frac{f_T}{2}$$

Частным случаем такой манипуляции является минимальная частотная манипуляция (MSK), при которой информационный сигнал принимает одно из двух значений, а частоты выбраны с учетом предыдущих требований.

Амплитудная и фазовая манипуляция являются частным случаем квадратурной манипуляции. При квадратурной манипуляции несущее колебание составляется по следующей формуле:

$$C_k \rightarrow (a_k, b_k), s(t) = a_k \cos(\omega_0 t) + b_k \sin(\omega_0 t), kT \leq t < (k+1)T$$

С помощью тригонометрических преобразований эту форму можно привести к виду

$$s(t) = A_k \cos(\omega_0 t + \phi_k)$$

В этой форме сигнал удобно рассматривать как комплексное число $A_k \exp(j\phi_k)$. Отсюда видно, что при изменении только амплитуды или фазы получается амплитудная (ASK) либо фазовая манипуляция (PSK). Фазовая манипуляция, при которой отсчеты принимают одно из двух возможных значений, называется бинарной фазовой манипуляцией (BPSK).

Множество комплексных чисел, соответствующее всем возможным значениям отсчетов, называется сигнальным созвездием. Для возможности сравнения эффективности различных видов модуляции сигнальное созвездие строится для нормированных значений амплитуды и всегда расположено внутри единичной окружности на комплексной плоскости. При этом чем больше расстояние между точками созвездия, тем больше надежность манипуляции.

Для улучшения свойств несущего сигнала используются модификации квадратурной манипуляции. В исходном варианте возможно произвольное одновременное изменение амплитуды и фазы, что может привести к перемещению значения сигнала через ноль комплексной плоскости, а это, в свою очередь, усложняет работу устройств и создает проблемы с синхронизацией. Для избежания таких случаев в квадратурной манипуляции со смещением (OQPSK) вводится дополнительное ограничение на мгновенную смену фазы - оно не должно превышать $\frac{\pi}{2}$. В этом случае полное исчезновение сигнала становится невозможным.

1.4 Ход работы

С помощью функций Matlab будут промоделированы различные методы манипуляций. Нужно отметить, что мы будем обрабатывать 4 значения фазовым модулятором, BPSK будет принимать два значения. OQPSK всегда имеет в сигнальном созвездии 4 точки. genQAM-модулятор создается ручным заданием точек сигнального созвездия на комплексной плоскости.

```
% Размер сообщения
```

```
num = 10;
```

```
%% Подготовка модулированных и демодулированных объектов
```

```
% QPSK
```

```
pskmod = modem.pskmod(4);
```

```
pskdemod = modem.pskdemod(4);
```

```
% BPSK
```

```
bpskmod = modem.pskmod(2);
```

```
bpskdemod = modem.pskdemod(2);
```

```
% OQPSK
```

```
oqpskmod = modem.oqpskmod;
```

```
oqpskdemod = modem.oqpskdemod;
```

```
% mskmod
```

```
mskmod = modem.mskmod('SamplesPerSymbol', 10);
```

```
mskdemod = modem.mskdemod('SamplesPerSymbol', 10);
```

```
% QAM
```

```
M = 10;
```

```
x = [0 3 4 5 6 7 7 7 4 4 5 6 0 -3 -4 -5 -6 -7 -7 -7 -4 -4 -5 -6 3 4 7 2 3 7 2 6 1 5 4 2 3 1
```

```

y = [5 5 4 3 2 4 6 7 6 7 8 8 5 5 4 3 2 4 6 7 6 7 8 8 -1 -1 -1 -2 -2 -3 -4 -4 -5 -5 -6 -7 -7
z = complex(x,y);
genQAMMod = modem.genqammod('Constellation', z);
genQAMDemod = modem.genqamdemod('Constellation', z);
scatterplot(genQAMMod.Constellation)
%% Создание сообщения
msg_4 = randi(4,num,1)-1;
msg_2 = randi(2,num,1)-1;
% msg_10 = randi(10,num,1)-1;
%% Модулирование
mod_psk = modulate(pskmod, msg_4);
mod_oqpsk = modulate(oqpskmod, msg_4);
mod_bpsk = modulate(bpskmod, msg_2);
mod_msk = modulate(mskmod, msg_2);

%% Демодулирование
demod_psk = demodulate(pskdemod, mod_psk);
demod_oqpsk = demodulate(oqpskdemod, mod_oqpsk);
demod_bpsk = demodulate(bpskdemod, mod_bpsk);
demod_msk = demodulate(mskdemod, mod_msk);

%% Построение графиков
scatterplot(pskmod.Constellation);
scatterplot(bpskmod.Constellation);
scatterplot(oqpskmod.Constellation);
scatterplot(mod_msk);

```

1.5 Результаты

Ниже представлены сигнальные созвездия для PSK, BPSK, OQPSK, genQAM, а также фазовая диаграмма для MSK.

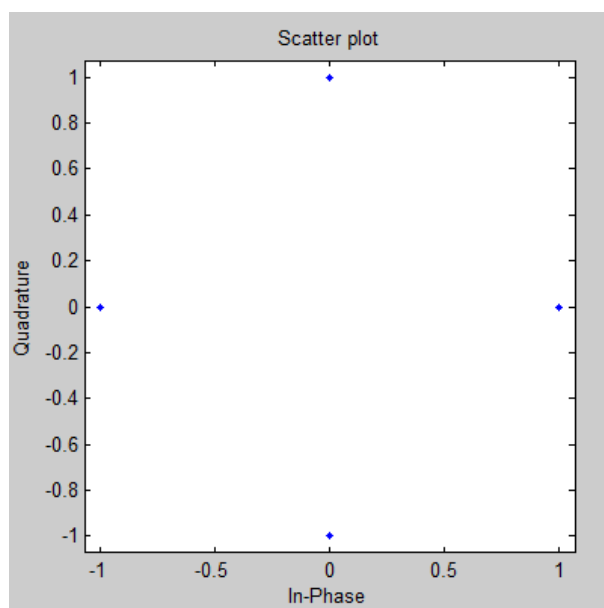


Рис. 1: QPSK

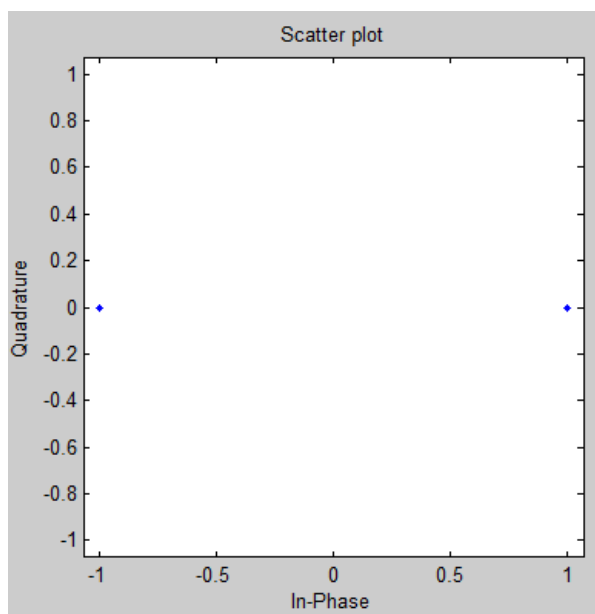


Рис. 2: BPSK

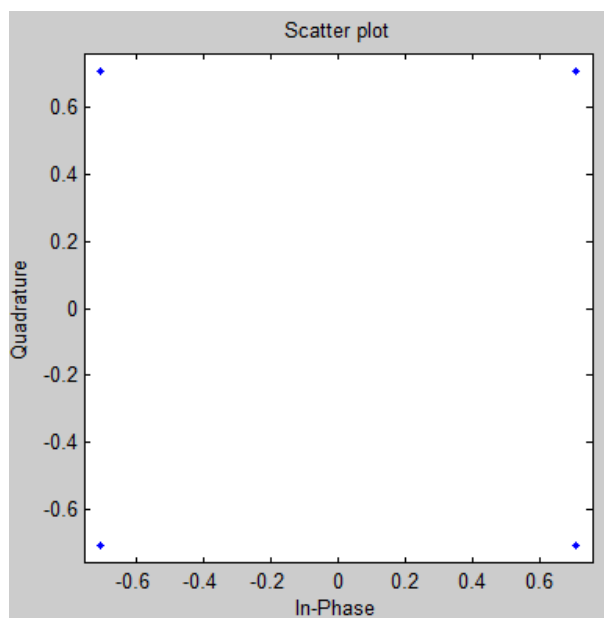


Рис. 3: OQPSK

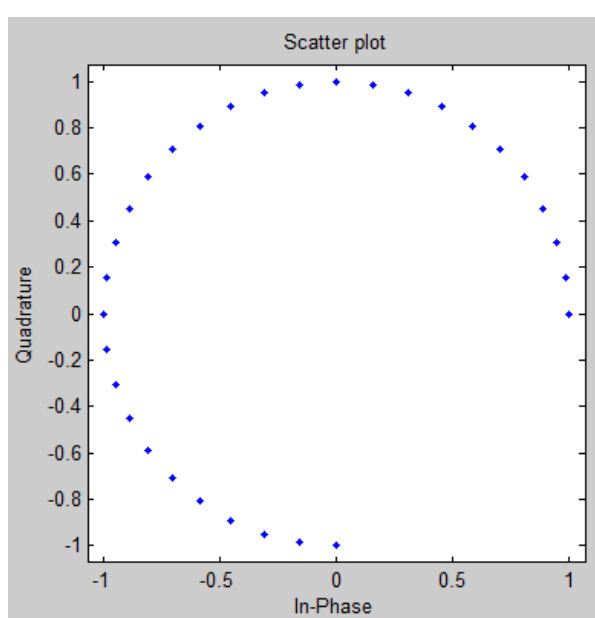


Рис. 4: MSK

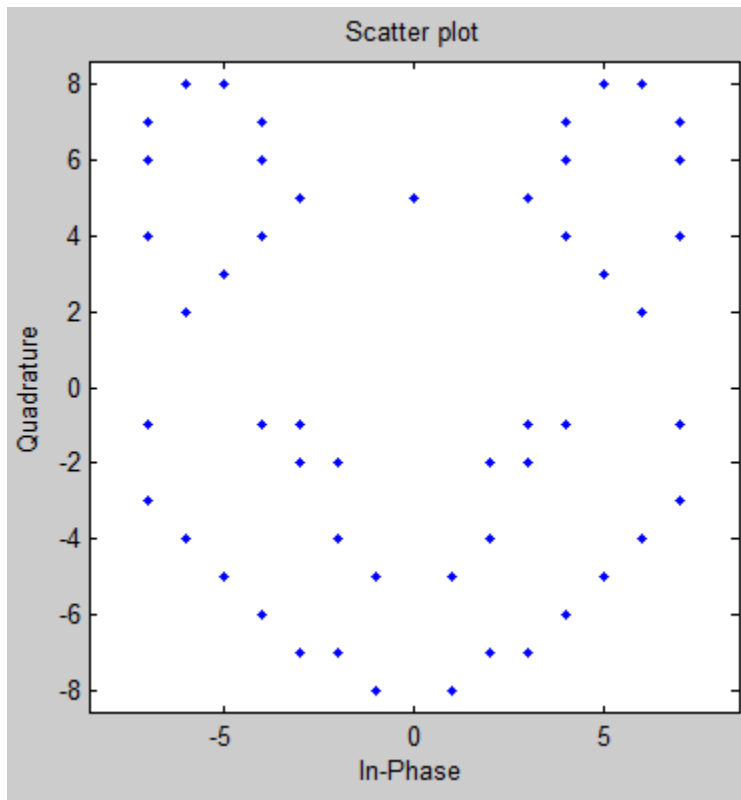


Рис. 5: genQAM

Произведём моделирование ситуации передачи сообщения по зашумлённому каналу с использованием QAM, сигнальное созвездие которого приведено выше:

```
%% Сигнал с шумом
message = randi(10,100,1)-1;
scatterplot(message);
signal = modulate(genQAMMod,message);
noised = awgn(signal,100);
scatterplot(noised);
dem_message = demodulate(genQAMDemod,noised);
scatterplot(dem_message);
[errors, ratio] = symerr(dem_message,message)
```

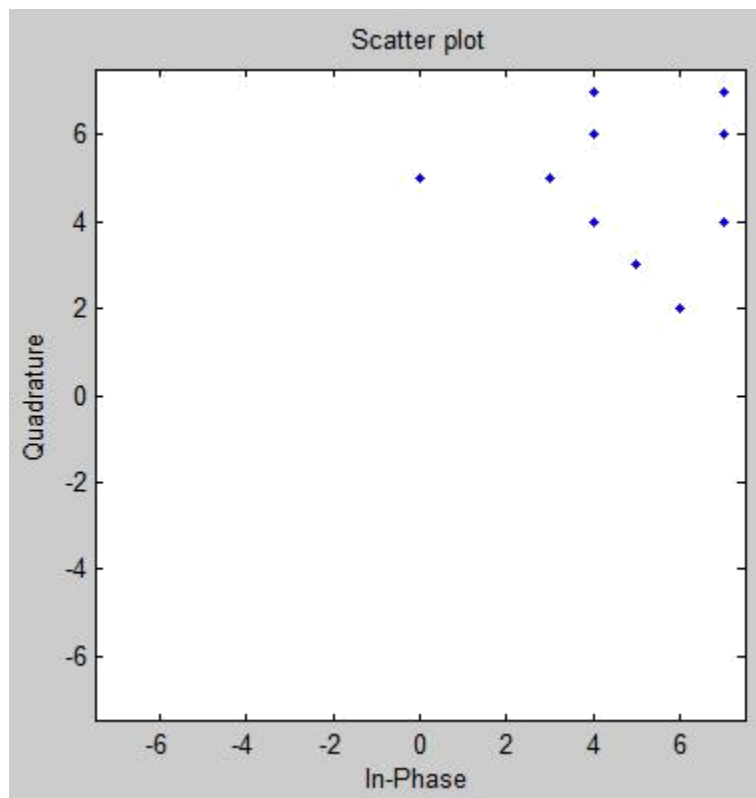


Рис. 6: Диаграмма рассеяния

Далее было произведено сравнение исходной и полученной после передачи последовательностей. Ошибки и различия не были выявлены.

1.6 Выводы

В результате выполнения работы были изучены методы модуляции цифровых сигналов. Были исследованы следующие модуляции: PSK, BPSK, OQPSK, genQAM, MSK. Выбор метода модуляции зависит от различных факторов, таких, как скорость и помехозащищенность.